

**Ю.В. ТИМОФЕЕВ** д-р техн. наук НТУ «ХПИ», г. Харьков,  
**Е.В. МИРОНЕНКО** д-р. техн. наук ДГМА,  
**А.А. КЛОЧКО** канд. техн. наук, ДГМА,  
**В.Ф. ШАПОВАЛОВ** канд. техн. наук, ДГМА, г. Краматорск.

## **ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ КРУПНОМОДУЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ОДНОКОРПУСНЫМИ ФРЕЗАМИ ДВУХСТОРОННЕГО РЕЗАНИЯ С ЧЕРЕДУЮЩИМИСЯ КОНИЧЕСКИМИ ЗУБЧАТЫМИ РЕЙКАМИ**

Розроблена технологія для повної обробки за один прохід обох бічних поверхонь зубів загартованих зубчастих коліс з великими модулями однокорпусними фрезами двостороннього різання, що чергуються конічними зубчастими рейками, що мають зменшені, у порівнянні зі стандартними фрезами, розміри ріжучих кромок. при обробці загартованих зубчастих коліс кількість різців, що профілюють евольвентну поверхню зубів, знижується в 2 рази і половина зубчастих рейок обробляє кожну бічну поверхню зубів.

Technology is worked out for complete treatment for one the passage-way of both sides of points of hard-tempered large-module gear-wheels by the single-hull milling cutters of the two-sided cutting with alternating conical rack-rails, having the sizes of cutting edges diminished, as compared to standard milling cutters. at treatment of hard-tempered gear-wheels the amount of cutting tool, profiling the evolvent surface of points, goes down in 2 times and the half of rack-rails processes every lateral.

Для полной обработки за одни проход обеих боковых поверхностей зубьев закаленных колес модуль  $m=10-16$  мм разработана конструкция твердосплавных фрез с чередующимися коническими зубчатыми рейками [1].

Фреза (рис. 1) содержит корпус 1 с винтовым выступом В, в продольных пазах которого установлены конические зубчатые рейки 2 и 3 с углом конуса  $20^0$ , причем конус рейки 2 и режущие кромки напаянных твердосплавных пластинок  $P_2$  расположены по отношению к конусу рейки 3 и режущим кромкам пластинок  $P_3$  в противоположном направлении, т.е. рейки в пазах корпуса расположены с чередованием направления образующих конических производящих поверхностей. У торцев фрезы рейки 2 и 3 закреплены крышками 4 и винтами 5.

В процессе обработки зубчатые рейки 2 фрезы с режущими кромками  $P_2$  последовательно одна за другой взаимодействуют с правыми боковыми поверхностями зубьев колеса б вдоль остаточной линии зацепления ВЕ, а рейки 3 фрезы с режущими кромками  $P_3$  взаимодействуют с левыми боковыми поверхностями зубьев колеса вдоль остаточной линии зацепления В<sub>1</sub> Е<sub>1</sub>, при этом имеет место чередование процесса резания реек 2 и 3.

Таким образом, обеспечивается полная обработка обеих боковых поверхностей зубьев колеса с любым числом зубьев за один проход инструментом, имеющим уменьшенные, по сравнению со стандартными фрезами, размеры режущих кромок.

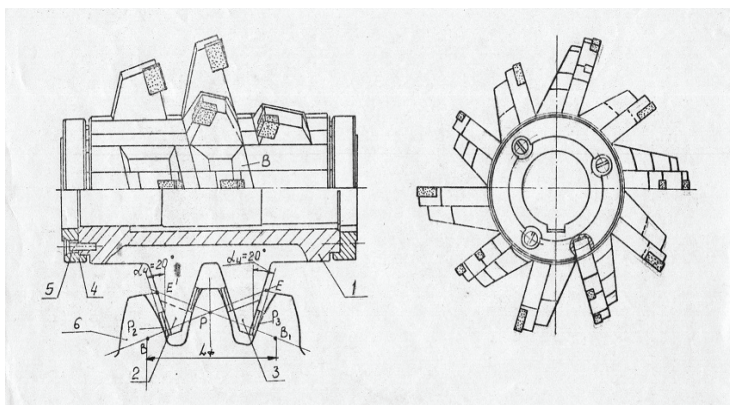


Рис. 1 – Двухсторонняя однокорпусная фреза со вставными коническими зубчатыми рейками

Зубья реек, имеющие наибольшие радиусы вращения, разнесены у противоположных торцов фрезы на угол, определяемый по следующей зависимости

$$\theta_p = 2Z_k(\sigma_v - \frac{360^\circ}{2} + \mu_y) \quad (1)$$

где :  $Z_k$  - число зубьев обрабатываемого колеса;

$\sigma_v$  - половина угловой толщины зуба по окружности нижней граничной точки эвольвенты;

$\mu_y$  - центральный угол, соответствующий расстоянию от точки пересечения линии станочного зацепления с окружностью нижней граничной точки эвольвенты до межосевого перпендикуляра пары “инструмент-деталь”.

Как видно из формулы (1), угол  $\theta_p$  зависит от числа зубьев колеса  $Z_k$ . Зависимость эта показана в таблице 1.

Практически достаточно изготовить фрезу с углом  $\theta_p = 209^\circ 18'$ , и тогда можно обрабатывать зубчатые колеса в пределах всего диапазона чисел зубьев  $Z_k = 30-300$ .

Минимальная длина режущей части фрезы, необходимая для обеспечения полного профилирования зубьев колеса с исходным контуром зубьев по ГОСТ 13755-81 может быть рассчитана по следующей зависимости [2]:

Таблица 1

Зависимость угла  $\theta_p$  от числа зубьев колеса  $Z_k$

$Z_k$	30	60	100	150	300
$\theta_p$	$209^\circ 18'$	$207^\circ 18'$	$206^\circ 50'$	$206^\circ 38'$	$206^\circ 4'$

$$L_\phi = \frac{2m(1,052-x)}{0,36397} \approx 5,5m(1,052-x) \quad (2)$$

где:  $m$  – модуль зубьев нарезаемого колеса;

$x$  – коэффициент смещения исходного контура зубчатой рейки.

Рассмотренная конструкция твердосплавной червячной фрезы (рис. 1) обеспечивает повышение производительности зубообработки в 2 раза за счет однократной обработки колес.

Вместе с тем, по мере переточек твердосплавных пластинок, общая ширина зубьев реек определяется по формуле (2),  $L_{\phi}$  уменьшается на такую величину, которая не может быть компенсирована дальнейшим радиальным вводом реек инструмента во впадины зубьев колеса, т.к. при этом будет повреждаться либо переходная поверхность у основания зубьев, либо поверхность дна впадин. Таким образом, при имеющемся ещё запасе переточек режущих элементов фреза станет непригодной к дальнейшей эксплуатации.

С целью устранения отмеченного выше недостатка предложена червячная фреза с осевым настроечным перемещением зубчатых реек. [3]

Фреза (рис. 2) выполнена таким образом, что у одних торцов регулируемых зубчатых реек 2 и 3 выполнены два взаимно перпендикулярных отверстия, в которых размещены эксцентрики 5 и упорные штифты 6, а у других торцов – размещены прокладки 7.

Режущие элементы 4 реек образуют общую исходную ширину  $S_u$ . По мере переточек режущих элементов 4 она уменьшается на величину  $E$ . Компенсацию потери ширины  $S_u$  до определенного момента производят за счет радиального ввода реек 2 и 3 фрезы во впадины зубьев колеса с уменьшением расстояния  $h$  до тех пор, пока пластины 4 не приблизятся в плотную к поверхности дна впадин.

Для дальнейшей компенсации или восстановления ширины удаляют левое кольцо 8, пластину 7, затем при собранном и закрепленном левом кольце 8 путем поворота эксцентрика 5 смещают рейки 2 влево до упора их в левое кольцо 8. У другого торца рейки 2 зафиксированы в осевом положении путем упора штифтов 6 в правое кольцо 9.

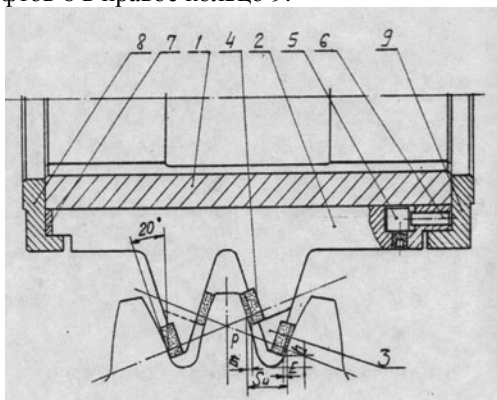
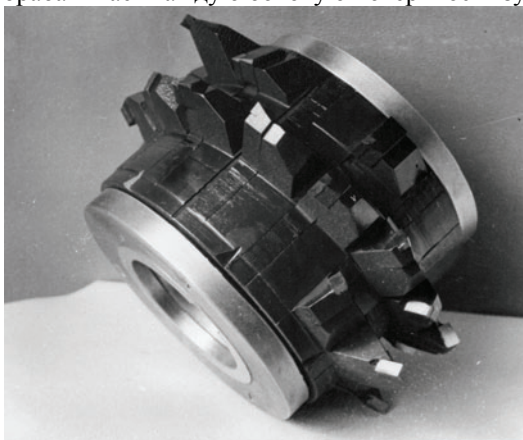


Рис. 2 – Схема фрезы с настроечным перемещением зубчатых реек.

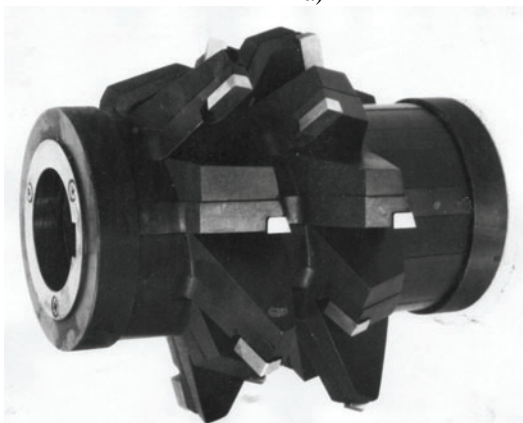
Аналогичную операцию производят затем для реек 3, перемещая их вправо.

Таким образом, путем осевого настроечного перемещения зубчатых реек 2 и 3 восстанавливается исходная ширина  $S_u$  и обеспечивается возможность дальнейших переточек инструмента, повышается срок его службы.

При обработке закаленных зубчатых колес червячными фрезами реечных конструкций (рис. 3), количество резов, профилирующих эвольвентную поверхность зубьев, снижается по сравнению с фрезами [4] в 2 раза. Соответственно, во столько же раз увеличивается огранка профиля зубьев колеса. Это объясняется тем, что у новых фрез только половина зубчатых реек обрабатывает каждую боковую поверхность зубьев.



а)



б)

Рис.3 – Однокорпусные двухсторонние фрезы со вставными коническими зубчатыми рейками: а) фреза  $m=10$  мм; б) фреза  $m=12$  мм.

Повысить количество профилирующих резов можно за счет увеличения наружного диаметра и числа зубчатых реек инструмента. Но этот путь не экономичен, т.к. кроме увеличения расхода материала при изготовлении фрезы, увеличивается длина врезания и перебега инструмента, снижается частота его вращения, а, следовательно, снижается производительность обработки.

Рассмотрим, какова расчетная величина огранки профиля зубьев колеса при обработке предложенными фрезами и есть ли необходимость в увеличении количества зубчатых реек инструмента. Величина огранки профиля  $h_0$  рассчитывается по формулам [4] и определяется у вершин зубьев колес, где она имеет максимальное значение.

При выполнении фрезой (рис. 4) резов 1 и 2 поворот инструмента осуществляется на угол  $\frac{360^\circ}{Z_u}$ , а зубчатого колеса – на угол  $\frac{360^\circ}{Z_k}$ .

Исходная зависимость для определения высоты огранки  $h_0$  имеет вид :

$$h_0 = r_b B \left( \frac{B-1}{\cos \frac{180^\circ}{Z_u Z_k}} - 1 \right) - (r_a - r_b) \frac{\pi}{Z_k Z_u} \quad (3)$$

$$B = \operatorname{tg} \frac{90^\circ}{Z_u Z_k},$$

где  $z_u$  – количество зубчатых реек фрезы ;

$r_b$  – радиус основной окружности зубьев колеса ;

$r_a$  – радиус кривизны эвольвенты в точке, лежащей на окружности выступов зубьев.

В таблице 2 представлена расчетная величина огранки в зависимости от модуля зубьев и числа обрабатываемых зубьев колеса при числе зубчатых реек  $z_u=10$ .

Как видно из расчетных данных, величина огранки (рис. 4) сравнительно мала и не окажет какого либо существенного влияния на трудоемкость последующего зубошлифования.

Таблица 2

Величина огранки профиля зубьев колеса, мм

Модуль зубьев колеса $m$ , мм	Число зубьев колеса $z_k$		
	15	100	330
20	0,079	0,009	0,002
30	0,119	0,013	0,0025

В случае чистового зубофрезерования величина огранки не превосходит допуск на профиль зубьев колес 8-й степени точности по ГОСТ 1643-81.

